

脱硫岛取消旁路挡板后提高系统可靠性的研究与应用

唐 超¹, 刘春田²

(1.淮阴发电有限公司, 江苏 淮安 223002;

2.北京博奇电力科技有限公司淮阴运维项目部, 江苏 淮安 223002)

摘 要: 根据江苏省环保厅“苏环函(2010)247号”《关于报送全省现役燃煤火电机组环保设施改造的函》文件的要求, 淮阴发电有限公司于2011年10月份机组大修进行了拆除旁路挡板改造工作, 旁路挡板拆除后, 对机组及脱硫的运行方式、安全等问题产生重大影响, 文就石灰石-石膏湿法脱硫系统拆除旁路的方案, 及各项措施提高系统可靠性的措施进行了研究与应用。

关键词: 脱硫取消旁路; 提高; 可靠性

0 引言

淮阴发电有限责任公司2011年10月#3机组脱硫系统进行了拆除旁路改造, 改造后系统运行安全稳定, 各项指标满足环保要求。

淮阴电厂#3机组的脱硫装置, 系统设有增压风机、GGH、石灰石浆液制备系统、石膏脱水系统和废水处理系统、公用系统等。

取消旁路, 对脱硫装置的运行可靠性影响甚大, 进而会影响主机的正常。现结合脱硫装置运行过程中出现的各种问题, 对整个系统的可靠性进行了初步的风险分析, 并提出了应对措施。

1 风险分析

由于脱硫系统的烟气旁路取消, 增压风机、GGH和吸收塔将成为锅炉烟气的必经通道, 该通道发生任何问题, 都将会危及机组的安全、稳定运行, 因此, 必须解决脱硫系统的安全性和可靠性, 达到要求的脱硫效率, 减少机组停运率, 保证可用率。但这势必对脱硫装置主、辅设备的可靠和稳定运行提出了更高的要求, 至少达到与发电机组主设备同等可靠、同步运行、同步检修, 对锅炉运行提出更高的要求, 并满足在事故紧急工况时能安全运行。

从整个通道来看, 相对于有旁路的三台设备(增压风机、GGH和吸收塔), 无旁路的设备的重要性已等同于整个流程中每个设备。事实上, 因送风机(2台)、除尘器(可以不投电场)、引风机(2台)的设备容量及变负荷运行考虑, 通常都是并列

设置多台设备, 即使某台设备出现故障, 也可降负荷运行。锅炉脱硫的GGH和吸收塔的配置均为一台, 锅炉为主设备, 吸收塔为辅助设备, 但两者的可靠性和重要性必需一致并且同步, 才能确保整套发电装置正常运行。

取消旁路的脱硫装置的考虑必须充分考虑锅炉的各种工况, 做好应对准备, 才能做到万无一失。

1.1 设备可靠性分析及解决方案

通过分析影响吸收塔可靠性的主要设备故障和因素, 并采取有效手段进行系统优化控制来提高吸收塔的可靠性, 具体优化措施如下:

1.1.1 增压风机影响因素

安全性和可靠性分析: 对于设有GGH的烟气系统, 当系统阻力上升到某一值, 将会造成运行点偏离正常点, 电耗增加, 严重时进入失速区, 风机发生喘振、失速; 风机出力不足; 调节机构失效等。

解决方案: 严格对GGH的原烟气和净烟气差压进行监控, 加强冲洗, 必要时可投入高压冲洗水; 定期检查风机的状态, 及时维护风机及附属设备。

1.1.2 GGH影响因素

安全性和可靠性分析: 常见的问题主要是堵塞严重, 这常常与除雾器的运行效果不佳有关系, 另外运行的吹扫和冲洗也非常重要; 漏风率高, 影响到整个装置的脱硫效率。

解决方案: 加强GGH正常吹扫和冲洗, 密切关注除雾器的压差, 避免除雾器冲洗不佳, 带来GGH的堵塞, 影响整个烟气路径贯通; 设备安装时

对设备间隙进行严格控制，保证低泄漏风机正常运转。

1.1.3 除雾器影响因素

安全性和可靠性分析：如设备选型不合适、运行不当等原因造成除雾器堵塞，严重时会造成除雾器坠落，GGH 堵塞，最终造成机组的停运。

解决方案：严格审核设备选型参数，保证设备选型正确；采用进口设备，提高设备可靠性；运行时保证冲洗程序执行，减少除雾器堵塞几率；选用屋脊型。

1.1.4 浆液循环泵及喷淋层影响因素

安全性和可靠性分析：每个吸收塔均配置多层喷淋层及多台循环泵，如设备无备用，当某台设备出现故障，会造成脱硫效率降低。

解决方案：吸收塔循环泵、喷淋层采用“N+1”的配置方式，循环泵及喷淋层考虑在线备用 1 套，提高设备可靠性。

1.1.5 吸收塔搅拌器影响因素

安全性和可靠性分析：当某台设备出现故障时，譬如振动、机封泄露等，将会对浆液的搅拌及氧化效果产生不利的影响，譬如结垢及沉积现象发生。

解决方案：吸收塔搅拌器采用进口设备，提高供电等级，搅拌器供电接保安段。

1.1.6 氧化风机影响因素

安全性和可靠性分析：设有备用，当某台设备出现故障，可以切换，短时间可以暂停运行，可靠性可适当降低，如氧化风量不足，将造成塔内结垢。解决方案：采用进口设备；设置备用风机风机选型考虑满足最不利工况。

1.1.7 石灰石浆液泵、石膏排出泵影响因素

安全性和可靠性分析：设有备用，当某台设备出现故障，可以切换，短时间可以暂停运行，可靠性可适当降低。

解决方案：设置备用设备。

1.1.8 浆液循环泵滤网影响因素

安全性和可靠性分析：要求有足够高的强度，滤网要有合适的开孔尺寸。塔内滤网已在表面结垢，堵塞的开孔，易造成浆液循环泵气蚀。滤网破碎还易进入浆液循环系统，对浆液循环管的内衬造成撕裂，喷淋层喷嘴易造成堵塞，影响脱硫效率。

解决方案：采用合金滤网。施工安装及调试过程中，及时清理塔中的杂物、异物。

1.1.9 石灰石浆液管道影响因素

安全性和可靠性分析：石灰石浆液管道对维持浆液的 pH 值和脱硫效率非常关键。任何浆液管道的停运，都会造成浆液的 pH 严重下降，进而对浆液系统的泵造成酸腐蚀。

解决方案：设两路石灰石供浆管道，可靠性较高，三通弯头等易磨蚀的部件采用陶瓷材料；

1.1.10 脱水系统故障影响因素

安全性和可靠性分析：造成吸收塔不能及时排浆，废水不能及时排除，塔内浆液密度不断增大，Cl 离子浓度也无法控制，严重时造成循环泵等设备损坏。

解决方案：提高事故浆液箱的容量，按吸收塔浆池容量的 115% 设置，提高事故紧急处理时间；同时增加一套石膏浆液抛弃系统，能够将被污染石膏浆液迅速抛弃，保证脱硫装置的正常运行。

1.2 异常工况分析及解决方案

1.2.1 锅炉启动投油

对脱硫装置的影响：浆液中含有油污，严重时造成浆液的中毒，活性降低，石膏品质下降，浆液产生大量泡沫，易溢流，脱硫效率降低。

解决方案：启动阶段在满足燃烧稳定的前提下，首先选择小油枪助燃，其次选择大油枪；控制浆液中油的含量低于 1000mg/l，尽量快速通过低负荷阶段；加大废水排放，二级脱水停运，必要时，直接由石膏排出泵排空。考虑该部分石膏浆液的直接外排，不得以慢慢消化。

1.2.2 锅炉除尘器异常，FGD 入口含尘高

对脱硫装置的影响：大量灰尘带入吸收塔，经洗涤绝大部分进行浆液系统，造成浆液中毒，脱硫效率下降。

解决方案：锅炉必须控制启停时间，使启停时间尽量缩短，并及时升高负荷，为除尘器正常运行创造条件；加大废水排放，二级脱水停运，必要时，直接由石膏排出泵排空。

1.2.3 SO₂ 浓度等参数超出设计值

对脱硫装置的影响：超过脱硫装置的处理能力，可能会造成整个脱硫装置可靠性降低，脱硫效率不达标，大修时间大幅度缩短，造成与主机大修时间不一致，进而会发生脱硫装置的故障造成主机的停运的严重事故。

解决方案：设计时充分考虑煤质含硫量的变化因素，加大脱硫装置的处理能力，使脱硫装置能适

应更广泛的煤种，保证锅炉在煤质变化时脱硫系统能安全连续稳定运行。

2 改造的方案与措施

2.1 脱硫内部系统设备方面调整

所有转动设备均应增设备用，关键的静设备，也应考虑备用。见表 1。特别是无法备用设备：GGH、增压风机等，需对设备的运行进行严格监控，最大可能避免设备故障带来的整套机组停机。

表 1 脱硫设备备用一览表

设备类型	设备名称	备注
转动设备	石灰石卸料装置	备用一套
	地坑泵	备用一套
	浆液循环泵	库存叶轮、护板、机封。一套或套整泵
	GGH	备用换热元件盒
	GGH 低泄露风机	备用一台
	增压风机	珠轴承装配一套
	#4 吸收塔地坑泵	备用一台（机封、轴承、叶轮、护板）
	石灰石浆液箱	库备搅拌机减速机一套
	喷淋层	备用一层，可适应燃煤含硫量变化。
	浆液阀门	备用一套
静设备	非金属膨胀补偿器	备用一套

2.2 增加系统可靠性的措施

- (1) GGH 的高压冲洗水的压力可调整 10MPa。
- (2) 关键管线需配置双线。特别是石灰石供浆管线和石膏排出管线，设双管线，石灰石浆液管线的弯头三通易磨蚀的部件选用陶瓷材质。
- (3) 事故浆液箱增设石膏浆液排出管线，必要时可实现浆液排空置换，以解决启动时点火燃油集聚在吸收塔，造成浆液中毒。
- (4) 石灰石浆液箱设置管路，在磨制系统出现故障时，可实现来粉制浆。
- (5) 集水坑坑泵增设 1 台，1 运 1 备。
- (6) 工艺水的供水管线增设 1 条。
- (7) 增加一套事故浆液箱到灰场或者附近河流的抛浆管线，条件具备的话，在厂内选定或者寻找一个可以暂时储置石膏浆液的水池，沉降后，上清液经废水处理系统处理后复用，沉积石膏清理运至灰场填埋；
- (8) 增建石灰石浆液制备装置，现有制浆系统余量偏低，当磨机磨损出力降低或者检修时，可能难以满足全厂机组满负荷运行需要。建设一套干粉制浆系统。

- (9) 加强石灰石来料控制，包括数量和质量，提高贮料能力，以应对道路运输可能的堵塞。

2.3 锅炉侧及主烟道调整

当增压风机本体保护动作后，风机停运，又无旁路挡板泄压，主烟道会憋压，因此，增压风机故障状态静叶为全开状态

2.4 其它调整

重要保护、逻辑调整，对涉及到的 DCS 硬接线、DCS 组态进行调整，确保机组设备运行安全。

结合电厂的实际情况，提高脱硫设备的供电等级。

2.5 运行方面的调整和优化

- (1) 优化锅炉启动过程控制和除尘器运行控制：尽量缩短投油时间，减少投油量；一旦具备条件，立即投电除尘；加强电除尘的维护，提高除尘效率；
- (2) 吸收塔浆液倒浆：由于淮阴电厂燃用无烟煤，冷态启动过程中需要燃油约 150t。含有油污；
- (3) 优化锅炉启动时脱硫装置的运行方式，合理控制吸收塔浆液的含固量，降低抛浆难度；
- (4) 对于 FGD 入口烟气超温时，吸收塔入口设置两套事故喷淋系统，其中一套事故喷淋由除雾器冲洗水及供水，另一套喷淋系统，工艺水泵供水。

3 需关注的问题

因脱硫装置位于整个发电装置的下游，装置入口的烟气条件及装置的所需的工艺水、蒸汽、压缩空气、废水排放等，都将会对脱硫装置的正常可靠的运行造成决定性的影响，因此，封堵挡板门后，脱硫装置的外围影响因素显得非常重要，需关注的主要问题：

- (1) 针对无烟煤，探索除等离子点火方式之外的非油点火方式，如液化气点火等。只能采用燃油点火时，尽量缩短锅炉点火时间，采用的燃油尽可能选用易燃尽的油品（例如 30 号柴油），最大可能减少未燃尽的油烟随烟气进入脱硫装置。
- (2) 锅炉燃用的煤种含硫量尽可能控制在设计硫份范围内，避免燃煤硫份过高造成氧化不足，进而造成系统堵塞，严重影响脱硫正常运行。
- (3) 需要考虑石膏浆液外排时浆液的储存地点，增加脱硫装置运行的可靠性。
- (4) 电除尘运行好坏，直接反映在脱硫装置入口的含尘量，尽量控制 100mg/Nm³范围内，避免石

膏浆液的中毒,减缓除雾器和GGH堵塞。

(5) 当主机停运时,应及时检查脱硫装置的各个设备的状态,有问题应及时检修,对于关键设备,应定期进行大修。

4 机组运行调整

运行方面应注意以下问题:

(1) 主机启停机时都需要投油,电除尘不能投入运行,这样必然会增大了 GGH 的堵塞几率,从而增加系统故障率,运行可靠性降低。一旦 GGH 堵塞,就必须停运主系统。同样由于主机启停投油过程中,电除尘不投入运行同样会造成除雾器的堵塞,最终导致停运主系统。因此在保证除雾器正常冲洗的同时,应在锅炉点火前对除雾器进行冲洗,使除雾器处于湿润状态便于除去烟气携带的液滴,锅炉灭火后也应对除雾器进行冲洗,维持除雾器的洁净。

(2) 锅炉在启动及运行中需投油助燃,其未燃尽的成分会随锅炉烟气进入 FGD 的吸收塔,在与浆液接触洗涤的过程中,烟气中的油污被洗涤到吸收塔浆液中,使得吸收塔浆液中的有机物含量增加,油污在吸收塔内与浆液的接触中,会在石灰石、亚硫酸钙等固相颗粒的表面形成一层薄薄的油膜。油膜将石灰石与液相隔离,阻止了石灰石的溶解,从而导致了脱硫效率和 pH 的降低;另外,亚硫酸钙表面的油膜还阻止了亚硫酸盐的氧化,将难以形成石膏晶体,严重时还会造成脱硫装置内设备管道的结垢、堵塞,以及真空皮带机的滤布堵塞。

5 热控逻辑改造

确定对#4 脱硫系统联锁保护条件进行了的修改,增加了脱硫塔的可靠性。

(1) 轴承温度 $>105^{\circ}\text{C}$,延时 5s 跳机,取消,改为 $>80^{\circ}\text{C}$ 报警,改为 $>95^{\circ}\text{C}$ 高二值报警;

(2) 电机轴承温度 $>95^{\circ}\text{C}$,延时 5s 跳机,取消,改为 $>70^{\circ}\text{C}$ 报警,改为 $>85^{\circ}\text{C}$ 高二值报警

(3) 电机定子温度 $>135^{\circ}\text{C}$,延时 5s 跳机,取消,改为 $>100^{\circ}\text{C}$ 报警,改为 $>120^{\circ}\text{C}$ 高二值报警;

(4) 主轴承振动 $>11\text{mm/s}$,延时 5s,跳机取消,改为 $>4.6\text{mm/s}$ 报警,改为 $>6.3\text{mm/s}$ 高二值报警;

(5) FGD 入口烟温过高($>160^{\circ}\text{C}$,持续 20min)或 FGD 入口烟温高 $>180^{\circ}\text{C}$,延时 5s 跳机)改为 FGD 入口烟温过高 $>160^{\circ}\text{C}$,持续 20min 跳闸取消,改为报警,FGD 入口烟温高 $>180^{\circ}\text{C}$,延时 5s,跳闸不变;

(6) BUF 油站压力 $<0.08\text{MPa}$,BUF 跳闸,取消;改为报警。油站过滤器差压 0.2 MPa 切换清理。

6 结论

淮阴发电有限责任公司#3 机且脱硫旁路挡板拆除后系统运行正常后,连续运行四个月,脱硫系统运行良好,改造成功。

参考文献:

- [1] HJ462-2009,工业锅炉及炉窑湿法烟气脱硫工程技术规范 [s].

作者简介:

唐 超(1969-),男,江苏淮安人,高级工程师、高级技师,淮阴发电有限公司生产技术部主任,从事火电厂锅炉检修运行管理工作, E-mail: hydctc@163.com;
刘春田(1975-),男,黑龙江哈尔滨人,工程师,从事脱硫、脱硝调试运维工作。